

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-68553

(P2000-68553A)

(43) 公開日 平成12年3月3日 (2000.3.3)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テーマコード (参考)

H 0 1 L 33/00

H 0 1 L 33/00

A 5 F 0 4 1

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平10-235056

(22) 出願日 平成10年8月21日 (1998.8.21)

(71) 出願人 000000572

アンリツ株式会社

東京都港区南麻布5丁目10番27号

(72) 発明者 川面 英司

東京都港区南麻布5丁目10番27号 アンリ

ツ株式会社内

(72) 発明者 菊川 知之

東京都港区南麻布5丁目10番27号 アンリ

ツ株式会社内

(74) 代理人 100071711

弁理士 小林 将高

Fターム (参考) 5F041 AA14 CA04 CA05 CA14 CA39

CA65 CA74 CA75 CA92 CB05

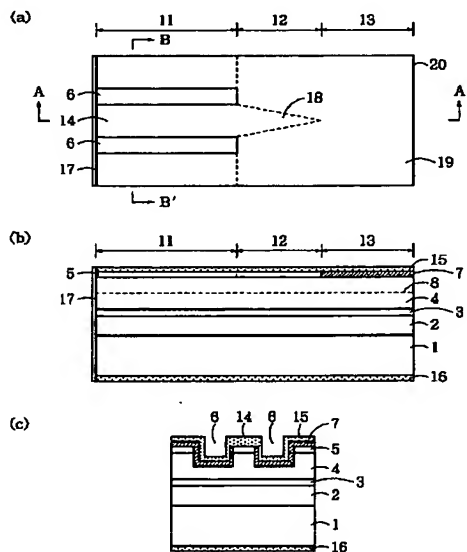
CB36

(54) 【発明の名称】 スーパーミネッセントダイオード

(57) 【要約】

【課題】 本発明は電流注入領域と非注入領域との境界で生じる導波路の等価屈折率の急激な変化による光の反射に伴う出力光のスペクトルの強度変調を少なくしたSLDを提供する。

【解決手段】 この発明にかかるスーパーミネッセントダイオード (SLD) は、活性層 (3) に電流を注入する電流注入部 (14) で画成される電流注入領域 (11) と、注入されない非注入領域 (13) との間に、電流の注入量が徐々に減少する電流注入端部 (18) を設けて遷移領域 (12) を挿入した。活性層 (3) で形成される導波路の等価屈折率が電流注入部 (14) の先端部で急激な変化をしないような電流注入端部 (18) を設け、この端面での反射を少なくしてスペクトルの強度変調を防ぐものである。



- |            |            |                 |
|------------|------------|-----------------|
| 1 半導体基板    | 8 エッチストップ層 | 16 第2の電極        |
| 2 第1のクラッド層 | 11 電流注入領域  | 17 ARコーティング     |
| 3 活性層      | 12 遷移領域    | 18 コンタクト層の突部    |
| 4 第2のクラッド層 | 13 非注入領域   | (電流注入端部)        |
| 5 コンタクト層   | 14 リッジ部分   | 19 コンタクト層エッチング部 |
| 6 溝        | (電流注入部)    | 20 他端面          |
| 7 誘電体層     | 15 第1の電極   |                 |

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】 半導体基板 (1) と、

前記半導体基板上に形成された第 1 のクラッド層 (2) と、

前記第 1 のクラッド層上に形成され一端を光の出射端とする活性層 (3) と、

前記活性層上に形成された第 2 のクラッド層 (4) と、

前記第 2 のクラッド層上に形成されたコンタクト層

(5) と、

前記コンタクト層上に前記出射端側から他端側へ向けてストライプ状に延び前記活性層に電流を注入するための電流注入部 (14) と、

前記電流注入部の先端で区画される電流注入領域 (11) と、を備えたスーパーミネセントダイオードにおいて、

前記電流注入部の先端から前記他端側へ向けてストライプの幅が徐々に狭くなる電流注入端部 (18) を設け、もって、前記電流注入領域と、電流を注入しない非注入領域 (13) との間に、前記電流注入領域から非注入領域に向って、注入する電流が徐々に減少する遷移領域 (12) を形成したことを特徴とするスーパーミネセントダイオード。

## 【請求項 2】 半導体基板 (1) と、

前記半導体基板上に形成された第 1 のクラッド層 (2) と、

前記第 1 のクラッド層上に形成され一端を光の出射端とする活性層 (3) と、

前記活性層上に形成された第 2 のクラッド層 (4) と、

前記第 2 のクラッド層上に形成されたコンタクト層

(5) と、

前記コンタクト層上に前記出射端側から他端側へ向けてストライプ状に延び前記活性層に電流を注入するための電流注入部 (14) と、

前記電流注入部の先端で区画される電流注入領域 (11) と、

前記電流注入部をストライプ状に形成するためにその両側に沿って設けられたリッジ形成用の溝 (6, 6) と、を備えたスーパーミネセントダイオードにおいて、前記電流注入部の先端から前記他端側へ向けてストライプ状に延びる電流注入端部 (22) と、前記電流注入端部の両側に沿って設けられ前記電流注入部の先端から前記他端側へ向けてその幅が徐々に狭くなる溝端部 (21) を設け、

もって、前記電流注入領域と、電流を注入しない非注入領域 (13) との間に、前記電流注入領域から非注入領域に向って等価屈折率が徐々に増加する遷移領域 (12) を形成したことを特徴とするスーパーミネセントダイオード。

## 【請求項 3】 半導体基板 (1) と、

前記半導体基板上に形成された第 1 のクラッド層 (2)

と、

前記第 1 のクラッド層上に形成され一端を光の出射端とする活性層 (3) と、

前記活性層上に形成された第 2 のクラッド層 (4) と、

前記第 2 のクラッド層上に形成されたコンタクト層

(5) と、

前記コンタクト層上に前記出射端側から他端側へ向けてストライプ状に延び前記活性層に電流を注入するための電流注入部 (14) と、

前記電流注入部の先端で区画される電流注入領域 (11) と、前記電流注入部をストライプ状に形成するためにその両側に沿って設けられたリッジ形成用の溝 (6, 6) とを備えたスーパーミネセントダイオードにおいて、

前記電流注入部の先端から前記他端側へ向けてストライプ状に延びる電流注入端部 (22) と、

前記電流注入端部の両側に沿って設けられ前記電流注入部の先端から前記他端側へ向けてその深さが徐々に浅くなる溝端部 (21-1) を設け、

もって、前記電流注入領域と、電流を注入しない非注入領域 (13) との間に、前記電流注入領域から非流入領域に向って等価屈折率が徐々に増加する遷移領域 (12) を形成したことを特徴とするスーパーミネセントダイオード。

## 【請求項 4】 半導体基板 (1) と、

前記半導体基板上に形成された第 1 のクラッド層 (2) と、

前記第 1 のクラッド層上に形成され一端を光の出射端とする活性層 (3) と、

前記活性層上に形成された第 2 のクラッド層 (4) と、

前記第 2 のクラッド層上に形成されたコンタクト層

(5) と、

前記コンタクト層上に前記出射端側から他端側へ向けてストライプ状に延び前記活性層に電流を注入するための電流注入部 (14) と、

前記電流注入部の先端で区画される電流注入領域 (11) と、

前記電流注入部をストライプ状に形成するためにその両側に沿って設けられたリッジ形成用の溝 (6, 6) と、

を備えたスーパーミネセントダイオードにおいて、前記電流注入部の先端から前記他端側へ向けてストライプ幅が徐々に狭くなる電流注入端部 (18) と、前記電流注入端部の両側に沿って設けられ前記電流注入部の先端から前記他端側へ向けてその幅が徐々に狭くなる溝端部 (21) とを設け、

もって、前記電流注入領域と、電流を注入しない非注入領域 (13) との間に、前記電流注入領域から非注入領域に向って、注入する電流が徐々に減少するとともに等価屈折率が徐々に増加する遷移領域 (12) を形成したことを特徴とするスーパーミネセントダイオード。

【請求項5】 半導体基板（1）と、  
前記半導体基板上に形成された第1のクラッド層（2）と、  
前記第1のクラッド層上に形成され一端を光の出射端とする活性層（3）と、  
前記活性層上に形成された第2のクラッド層（4）と、  
前記第2のクラッド層上に形成されたコンタクト層（5）と、  
前記コンタクト層上に前記出射端側から他端側へ向けてストライプ状に延び前記活性層に電流を注入するための電流注入部（14）と、  
前記電流注入部の先端で区画される電流注入領域（11）と、  
前記電流注入部をストライプ状に形成するためにその両側に沿って設けられたリッジ形成用の溝（6、6）と、  
を備えたスーパーミネセントダイオードにおいて、  
前記電流注入部の先端から前記他端側へ向けてストライプ幅が徐々に狭くなる電流注入端部（18）と、  
前記電流注入端部の両側に沿って設けられ前記電流注入部の先端から前記他端側へ向けてその深さが徐々に浅くなる溝端部（21-1）とを設け、  
もって、前記電流注入領域と、電流を注入しない非注入領域（13）との間に、前記電流注入領域から非注入領域に向って、注入する電流が徐々に減少するとともに等価屈折率が徐々に増加する遷移領域（12）を形成したことを特徴とするスーパーミネセントダイオード。  
【発明の詳細な説明】  
【0001】  
【発明の属する技術分野】本発明は、光通信や光ファイバジャイロをはじめとする各種光計測などに用いられる半導体発光素子に関し、特に、広スペクトルを大きな強度と小さい放射角で出力するスーパーミネセントダイオードに関するものである。  
【0002】  
【従来の技術】図10を参照して、従来のスーパーミネセントダイオード（SLD）を説明する。図10は、リッジ形の従来のSLDの構造を示す図であり、発光中心波長1.3μm帯を有するInGaAs/InP系材料による従来のSLDの構造例を示した図である。図10において、図10（a）は従来構造のSLDを第1の電極側上方からみた模式図、図10（b）は（a）図におけるA-A'断面に現れる層構造を模式的に示した図、図10（c）は（a）図におけるB-B断面を光出射端面側からみた模式図である。このSLDを得るためには、n形導電性を有するInPの半導体基板51上にn形導電性のInP（層厚1.5μm）の第1のクラッド層52、InGaAsP/InGaAsPのMQW20層（全層厚0.15μm）の活性層53、p形導電性のInP（層厚2.3μm）の第2のクラッド層54、p形導電性のInGaAs（層厚0.6μm）のコン

タクト層55を順次、MOVPE法によりエピタキシャル成長を行いダブルヘテロ層構造を形成する。なお、第2のクラッド層54には、活性層53の上方0.3μmの所にInGaAs（層厚15nm）のエッチストップ層（不図示）を形成しておく。次に、活性層53での電流密度を高くして発光効率を向上させるための電流狭窄用の2本の溝56を形成するためにレジストをパターニングする。

【0003】このレジストをマスクにして、溝56の部分のInGaAsのコンタクト層55を化学エッチング（H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>：H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>：H<sub>2</sub>O＝1：1：40）でエッチングし、レジストを除去後、InGaAsのコンタクト層55をマスクとしてp-InPの第2のクラッド層54を化学エッチング（HCl：H<sub>2</sub>O＝1：5：1）で活性層53から0.3μm上のエッチストップ層までエッチングする。

【0004】このようにして、溝56と溝56との間に3μm幅のストライプ状のリッジ60が形成される。コンタクト層55の上面にCVD法によりSiO<sub>2</sub>誘電体膜57を0.4μm成膜し、リッジ60のSiO<sub>2</sub>の誘電体膜をドライエッチングにより窓開けする。

【0005】なお、このとき素子動作信頼性と基本横モード動作を確保するため溝56の深さは活性層53に達することがないようにする。また、この溝56を形成した部分は電流注入領域58となり、溝56の形成されない部分は非注入領域59となる。

【0006】このような工程を経て得られたウエハの成長面上にTi（0.02μm）、Pt（0.05μm）およびAu（0.2μm）を電子ビーム蒸着により蒸着する。半導体基板51の下側部を機械研磨により層厚100μmまで研磨して、Ti（0.02μm）、Pt（0.05μm）およびAu（0.2μm）を電子ビーム蒸着により蒸着する。

【0007】これらの蒸着の後、410℃の温度で60秒間熱処理して合金を得て、第1の電極61および第2の電極62を形成する。

【0008】このウエハは、光出射端面に沿ってへきかいされ、光出射端面にSiO<sub>2</sub>のARコーティング63を被着する。このARコーティング63の反射率は0.2%、非注入領域59により後方端面から電流注入領域58に帰還する光パワーの割合は0.001%以下でありレーザ発振が抑圧されてSLDとしての動作が実現される。これらの工程を終えたウエハを所定の大きさ（300μmおよび400μm程度）に分割しチップ状の素子とする。

【0009】このSLDデバイスは、注入電流150mAにおいて光出力4mw程度、また、光スペクトラム半値全幅約20nmが得られ、ARコーティング63と非注入領域59の効果により光スペクトラムのリップルは5%程度である。

## 【0010】

【発明が解決しようとする課題】このような従来のSLDにおいては、レーザ発振を抑圧するために、電流注入領域に続けて、非注入領域を形成し、活性層の端面での反射を抑えていたが、この電流注入領域と非注入領域との境界で電極およびリッジ導波路が突然切れているので、この境界で急激な注入キャリア量の差および導波路の不連続が生じる。この結果、この境界で電流注入領域と非注入領域の等価屈折率は急激に変化して、光の反射が起こりファブリペローモードによりスペクトルに強度変調が生じるという欠点があった。

【0011】本発明は、電流注入領域と非注入領域との境界で生じる導波路の等価屈折率の急激な変化に伴う出力光のスペクトルの強度変調を少なくしたSLDを提供する。

## 【0012】

【発明が解決しようとする手段】本発明にかかるスーパーミネッセントダイオードは、半導体基板1と、前記半導体基板上に形成された第1のクラッド層2と、前記第1のクラッド層上に形成され一端を光の出射端とする活性層3と、前記活性層上に形成された第2のクラッド層4と、前記第2クラッド層上に形成されたコンタクト層5と、前記コンタクト層上に前記出射端側から他端側へ向けてストライプ状に延び前記活性層に電流を注入するための電流注入部14と、前記電流注入部の先端で区画される電流注入領域11とを備えたスーパーミネッセントダイオードにおいて、前記電流注入部の先端から前記他端側へ向けてストライプの幅が徐々に狭くなる電流注入端部18を設け、もって、前記電流注入領域と、電流を注入しない非注入領域13との間に、前記電流注入領域から非注入領域に向って、注入する電流が徐々に減少する遷移領域12を形成したものである。

【0013】また、本発明にかかるスーパーミネッセントダイオードは、半導体基板1と、前記半導体基板上に形成された第1のクラッド層2と、前記第1のクラッド層上に形成され一端を光の出射端とする活性層3と、前記活性層上に形成された第2のクラッド層4と、前記第2のクラッド層上に形成されたコンタクト層5と、前記コンタクト層上に前記出射端側から他端側へ向けてストライプ状に延び前記活性層に電流を注入するための電流注入部14と、前記電流注入部先端で区画される電流注入領域11と、前記電流注入部をストライプ状に形成するためにその両側に沿って設けられたリッジ形成用の溝6、6とを備えたスーパーミネッセントダイオードにおいて、前記電流注入部の先端から前記他端側へ向けてストライプ状に延びる電流注入端部22と、前記電流注入端部の両側に沿って設けられ前記電流注入部の先端から前記他端側へ向けてその幅が徐々に狭くなる溝端部21を設け、もって、前記電流注入領域と、電流を注入しない非注入領域13との間に、前記電流注入領域から非

注入領域に向って等価屈折率が徐々に増加する遷移領域12を形成したものである。

【0014】また、本発明にかかるスーパーミネッセントダイオードは、半導体基板1と、前記半導体基板上に形成された第1のクラッド層2と、前記半導体基板上に形成され一端を光の出射端とする活性層3と、前記活性層上に形成された第2のクラッド層4と、前記第2のクラッド層上に形成されたコンタクト層5と、前記コンタクト層上に前記出射端側から他端側へ向けてストライプ状に延び前記活性層に電流を注入するための電流注入部14と、前記電流注入部の先端で区画される電流注入領域11と、前記電流注入部をストライプ状に形成するためにその両側に沿って設けられたリッジ形成用の溝6、6とを備えたスーパーミネッセントダイオードにおいて、前記電流注入部の先端から前記他端側へ向けてストライプ状に延びる電流注入端部22と、前記電流注入端部の両側に沿って設けられ前記電流注入部の先端から前記他端側へ向けてその深さが徐々に浅くなる溝端部21-1を設け、もって、前記電流注入領域と、電流を注入しない非注入領域13との間に、前記電流注入領域から非注入領域に向って等価屈折率が徐々に増加する遷移領域12を形成したものである。

【0015】また、本発明にかかるスーパーミネッセントダイオードは、半導体基板1と、前記半導体基板上に形成された第1のクラッド層2と、前記第1のクラッド層上に形成され一端を光の出射端とする活性層3と、前記活性層上に形成された第2のクラッド層4と、前記第2のクラッド層上に形成されたコンタクト層5と、前記コンタクト層上に前記出射端側から他端側へ向けてストライプ状に延び前記活性層に電流を注入するための電流注入部14と、前記電流注入部の先端で区画される電流注入領域11と、前記電流注入部をストライプ状に形成するためにその両側に沿って設けられたリッジ形成用の溝6、6とを備えたスーパーミネッセントダイオードにおいて、前記電流注入部の先端から前記他端側へ向けてストライプ幅が徐々に狭くなる電流注入端部18と、前記電流注入端部の両側に沿って設けられ前記電流注入部の先端から前記他端側へ向けてその幅が徐々に狭くなる溝端部21とを設け、もって、前記電流注入領域と、電流を注入しない非注入領域13との間に、前記電流注入領域から非注入領域に向って、注入する電流が徐々に減少するとともに等価屈折率が徐々に増加する遷移領域12を形成したものである。

【0016】また、本発明にかかるスーパーミネッセントダイオードは、半導体基板1と、前記半導体基板上に形成された第1のクラッド層2と、前記第1のクラッド層上に形成され一端を光の出射端とする活性層3と、前記活性層上に形成された第2のクラッド層4と、前記第2のクラッド層上に形成されたコンタクト層5と、前記コンタクト層上に前記出射端側から他端側へ向けてス

トライブ状に延び前記活性層に電流を注入するための電流注入部 14 と、前記電流注入部の先端で区画される電流注入領域 11 と、前記電流注入部をストライブ状に形成するためにその両側に沿って設けられたリッジ形成用の溝 6、6 とを備えたスーパーラミネセントダイオードにおいて、前記電流注入部の先端から前記他端側へ向けてストライブ幅が徐々に狭くなる電流注入端部 18 と、前記電流注入端部の両側に沿って設けられ前記電流注入部の先端から前記他端側へ向けてその深さが徐々に浅くなる溝端部 21-1 とを設け、もって、前記電流注入領域と、電流を注入しない非注入領域 13 との間に、前記電流注入領域から非注入領域に向って、注入する電流が徐々に減少するとともに等価屈折率が徐々に増加する遷移領域 12 を形成したものである。

#### 【0017】

【発明の実施の形態】本発明にかかるスーパーラミネセントダイオード (SLD) は、活性層に電流を注入する電流注入部で画成される電流注入領域と、注入しない非注入領域との間に、電流の注入量が徐々に減少する電流注入端部を設けて遷移領域を挿入した。

【0018】活性層で形成される導波路部の等価屈折率が電流注入部の先端部で急激な変化をしないようにして、この面での反射を少なくしてスペクトルの強度変調を防ぐことができる。

【0019】電流の注入量が徐々に減少する電流注入端部は、電流注入用の電極またはコンタクト層の形状を電流注入領域から非注入領域に向けて徐々に幅を狭くしている。また、電流注入部の両側のリッジ形成用の溝の幅を徐々に狭くするか、溝の深さを徐々に浅くする。これによって等価屈折率を徐々に増加させるようにしている。

#### 【0020】

【実施例】本発明の第 1 の実施例を図 1 および図 2 を参照して説明する。図 1 は本発明の第 1 の実施例の構成を示す図、図 2 は本発明の実施例に用いられる元ウエハの構成を示す図である。

【0021】図 2 に示す元ウエハは、 $n\text{-InP}$  の半導体基板 1 上に、MOVPE 法により次の各層を順次成長させた層構造で成るものである。

【0022】①  $n\text{-InP}$  の第 1 のクラッド層 2。

【0023】②  $\text{InGaAsP}$  の活性層 3。

【0024】③  $p\text{-InP}$  の第 2 のクラッド層 4。

【0025】④  $p\text{-InGaAs}$  のコンタクト層 5。

【0026】図 1 に示す第 1 の実施例は、図 2 の元ウエハを用いて形成される。図 1 において、(a) はこの実施例の SLD を元ウエハの上側から見た図、(b) は (a) の A-A' 断面を示す図、(c) は (a) の B-B' 断面を示す図である。

【0027】図 1 において、6 は溝、7 は誘電体層、8 はエッチストップ層、11 は電流注入領域、12 は遷移領域、13 は非注入領域、14 は電流注入部となるリッ

ジ部分、15 は第 1 の電極、16 は第 2 の電極、17 は AR コーティング、18 は電流注入端となるコンタクト層 5 の突部、19 は前記コンタクト層 5 のエッチング部、20 は他端部である。

【0028】溝 6 は、図 1 (a) の上下の中央部を挟んでエッチストップ層 8 までの深さで、AR コーティング 17 の側から中に向かって掘られていて、リッジ部分 14 を形成する。コンタクト層 5 は、図 1 (a) の遷移領域 12 および非注入領域 13 のうち、点線で区別された右側のコンタクト層エッチング部 19 がエッチングされ、点線の左側部分のみが残されている。このコンタクト層 5 の残された部分のうちリッジ部分 14 の上側のコンタクト層が電流注入部であり、これに続くコンタクト層 5 の突部が長さ約  $200\mu\text{m}$  の電流注入端部 (以下コンタクト層の突部ともいう) 18 である。この電流注入端部 18 は、電流注入領域 11 に接する所で幅がほぼ  $3\mu\text{m}$  である。

【0029】この電流注入部 14 および電流注入端部 18 を除いて誘電体層 7 が形成され、その上の全体に第 1 の電極 15 が形成される。

【0030】半導体基板 1 の下側には第 2 の電極 16 が備えられていて、第 1 の電極 15 との間に電流が流される。なお電流注入部 14 の存在する領域が電流注入領域 11、電流注入端部 18 の存在する領域が遷移領域 12、電流を注入しない領域が非注入領域 13 である。

【0031】活性層 3 のうち、溝 6、6 で挟まれたリッジ部分 14 の下側に相当する部分は、周囲を低屈折率 (3.1 程度) で囲まれた高屈折率部分 (3.5 程度) となり、導波路部と呼ばれている。

【0032】次に動作について説明する。

【0033】第 1 の電極 15 と第 2 の電極 16 との間に電流が流されると、電流注入部 14 および電流注入端部 18 を経由して活性層 3 に電流が注入されて発光する。このとき、活性層 3 の等価屈折率は、遷移領域 12 において、電流注入端部 18 が徐々に幅を狭くして設けられているので、徐々に変化するようになっている。

【0034】そのため、活性層 3 で発生した光は、電流注入領域 11 から非注入領域 13 にかけて反射することなく散乱するので、発光スペクトルの強度変調成分を従来の  $1/2$  程度に少なくした SLD を得ることができる。

【0035】次に、図 3 を参照して本発明の第 2 の実施例を説明する。図 3 は、本発明の第 2 の実施例の構成を示す図であり、A-A' 断面は図示はしないが、図 1 (b) と同様である。第 2 の実施例は、図 1 に示す第 1 の実施例と比較して、電流注入端部 18 および溝 6 の形状が相違する。

【0036】すなわち、図 3 に示した第 2 の実施例は、図 1 に示す溝 6 は、リッジ部分 14 の両側部から徐々に幅が狭くなりながら図面の右方向に延在して、溝端部

(以下、溝の突部ともいう) 21 がリッジ部分 14 の突部 22 をほぼ長方形状に形成している。

【0037】コンタクト層 5 のエッチング部 19-1 は図 3 の点線で区分された右側となり、溝の突部 21 およびリッジ部分の突部 22 を残してエッチングされている。

【0038】第 2 の実施例において、電流注入は、リッジ部分 14 上のコンタクト層 5 およびリッジ部分の突部 22 上のコンタクト層 5 を通して行われる。遷移領域 12 では、電流注入領域 11 側で幅約  $10\mu\text{m}$  で、長さ 10 200  $\mu\text{m}$  の溝の突部 21 が非注入領域に向かって徐々に狭くなっている、導波路部の等価屈折率が徐々に非注入領域 13 の等価屈折率へ変化する。

【0039】この場合、光が等価屈折率の変化に感じるのは、遷移領域 12 の後半分と考えられる。従って上記寸法は設計の条件によって変化するものである。

【0040】次に、図 4 を参照して本発明の第 3 の実施例を説明する。図 4 は、本発明の第 3 の実施例の構成を示す図であり、A-A' 断面は図示はしないが、図 1

(b) と同様である。第 3 の実施例は、図 1 に示す第 1 20 の実施例と比較して、電流注入端部 18 および溝 6 の形状が相違する。図 4 (b) は、図 4 (a) の C-C' 断面を示す図である。

【0041】すなわち、図 4 に示した第 3 の実施例は、図 4 に示すように、リッジ部分 14 の両側部から徐々に幅が広がり、深さが浅くなりながら図面の右方向に延在する溝の突部 21-1 がリッジ部分の突部 22 をほぼ長方形状に形成している。この溝の突部 21-1 の深さは図 4 (b) において、活性層 3 と誘電体層 7 との間隔で表すと、電流注入領域 11 側で 0.2 ~ 0.3  $\mu\text{m}$ 、非 30 注入領域 13 側で 2 ~ 3  $\mu\text{m}$ 、遷移領域 12 の長さは約 200  $\mu\text{m}$  程である。

【0042】コンタクト層 5 のエッチング部 19-1 は第 2 の実施例と同様に図 4 の点線で区分された右側となり、溝の突部 21-1 およびリッジ部分の突部 22 を残してエッチングされている。第 3 の実施例において、電流注入は、リッジ部分 14 上のコンタクト層 5 およびリッジ部分の突部 22 上のコンタクト層 5 を通して行われる。遷移領域 12 は、溝の突部 21-1 が徐々に浅くなっている、導波路部の等価屈折率が徐々に変化し、 40 非注入領域 13 の等価屈折率に近づく。この場合、光が等価屈折率の変化に感じるのは、遷移領域 12 に入っただけでなく、すぐ 1  $\mu\text{m}$  程度と考えられる。従って、上記寸法は設計の条件によって変化するものである。

【0043】次に、図 5 を参照して本発明の第 4 の実施例を説明する。図 5 は、本発明の第 4 の実施例の構成を示す図であり、A-A' 断面は図示はしないが、図 1

(b) と同様である。第 4 の実施例は、図 1 に示す第 1 の実施例と比較して、溝 6 の形状が相違する。

【0044】すなわち、図 5 に示した第 4 の実施例は、 50

図 1 に示す溝 6 の先端でリッジ部分 14 の両側部から徐々に幅が狭くなりながら図面の右方向に延在する溝の突部 21 を形成し、これによって、リッジ部分の突部 22 がほぼ長方形状に形成されている。

【0045】コンタクト層 5 のエッチング部 19 は第 1 の実施例と同様に図 5 の点線で区分された右側となり、電流注入領域 11 の右側はコンタクト層の突部 18 を残してエッチングされている。第 4 の実施例において、電流注入は、リッジ部分 14 上のコンタクト層 5 およびコンタクト層の突部 18 を通して行われるが、コンタクト層の突部 18 が徐々に狭くなっている、活性層 3 は、電流注入の幅が徐々に狭くなって、注入電流が減少し、その結果、注入密度が徐々に小さくなる。また、溝の突部 21 が徐々に狭くなっている、遷移領域 12 の導波路部の等価屈折率が徐々に変化し、非注入領域 13 の等価屈折率に近づく。

【0046】次に、図 6 を参照して本発明の第 5 の実施例を説明する。図 6 は、本発明の第 5 の実施例の構成を示す図であり、A-A' 断面は図示はしないが、図 1

(b) と同様である。第 5 の実施例は、図 1 に示す第 1 の実施例と比較して、電流注入端部 18 および溝 6 の形状が相違する。なお、図 6 (b) は、図 6 (a) の C-C' 断面を示す図である。

【0047】すなわち、図 6 に示した第 5 の実施例は、図 1 に示すように、リッジ部分 14 の両側部から、徐々に幅が広がり、深さが浅くなりながら図面の右方向に延在する溝の突部 21-1 がリッジ部分の突部 22 をほぼ長方形状に形成している。

【0048】コンタクト層 5 のエッチング部 19 は第 1 の実施例と同様に図 6 の点線で区分された右側となり、電流注入領域 11 より右側は、コンタクト層の突部 18 を残してエッチングされている。

【0049】第 5 の実施例において、電流注入は、リッジ部分 14 上のコンタクト層 5 およびリッジ部分の突部 22 上のコンタクト層の突部 18 を通して行われるが、コンタクト層の突部 18 が徐々に浅くなっている、活性層 3 は、電流注入の大きさが徐々に少なくなるとともに、注入密度が徐々に小さくなり、等価屈折率が徐々に変化する。また、溝の突部 21-1 が徐々に浅くなっている、遷移領域 12 の等価屈折率が徐々に変化し、非注入領域 13 の等価屈折率に近づく。

【0050】図 7 を参照して第 6 の実施例を説明する。図 7 は本発明の第 6 の実施例の構成を示す図で、埋込み形 SLD の例である。埋込み形の場合も、リッジ形と同様に図 2 に示された元ウエハを用いて形成される。

【0051】図 7 において、(a) はこの実施例の SLD を元ウエハの上側から見た図、(b) は (a) の A-A' 断面を示す図、(c) は (a) の B-B' 断面を示す図である。

【0052】図 7 において、23 は第 1 の電流狭窄層、

24は第2の電流狭窄層、25は反射角変換用溝、26は第1の電極の突部であり、その他の符号は図1と同じである。

【0053】図7(c)に示すように、活性層3は、第2のクラッド層4とともに、第1の電流狭窄層23および第2の電流狭窄層24に挟まれて、細く形成されて導波路部を形成しており、上側から見ると図7(a)の一点鎖線で示すようになっている。

【0054】コンタクト層5は図7(a)において、電流注入領域11の全域と遷移領域12の点線で囲まれた中央部とに形成され、その上に、電流注入領域11には、第1の電極15が形成され、第1の電極15に隣接して遷移領域12を形成する第1の電極の突部26が他端部20に向かって徐々に幅が狭くなるように形成されている。

【0055】なお、反射角変換用溝25は、活性層3を他端部20へ向う光が反射して活性層3に戻ってくるのを防ぐためにもうけられたものである。

【0056】次に、図8を参照して本発明の第7の実施例を説明する。図8の実施例は、図7に示す第6の実施例と比較して、活性層3の形状が相違する。

【0057】すなわち、第7の実施例は、一点鎖線で示す活性層3の幅が徐々に広がりながら反射角変換用溝25まで形成されている。

【0058】そのため、他端部20からの反射が少なく、出力光スペクトルにリップルの少ない出射光を得ることができる。

【0059】図9を参照して本発明の第8の実施例を説明する。図9の実施例は、図7に示す第6の実施例と比較して活性層3の形状が相違するほか、反射角変換用溝25が省略されている。

【0060】すなわち、第8の実施例においては、図9に示すように活性層3は、遷移領域12から非注入領域13において、徐々に図面上方に曲げられ、他端部20には到達せずに上方の端に到達するように形成されている。

【0061】そのため、活性層3の電流注入領域11で発光した光は、遷移領域12から非注入領域13までの間に活性層3の形状にしたがって上方に曲がりながら上方の端に到達するが、一部は、他端部20の方向に漏洩して消滅する。

【0062】以上の第1乃至8の実施例において、電流注入領域11から遷移領域12の方向に進んだ光は、電流注入領域11に戻ることがないので、出力光スペクトルのリップルを従来の1/2程度に少なくした出射光を得ることができる。

【0063】なお、遷移領域12における導波路部の等価屈折率は、電流注入領域11の境界においては、電流注入領域11の等価屈折率にほとんど等しくなっており、非注入領域13の境界においては、非注入領域13の等

価屈折率にほとんど等しくなっており、その間において、徐々に等価屈折率が増加するようになっている。

【0064】次に本発明の第1の実施例のリッジ導波路形SLDの構成を製造方法を含めて、図1および図2を参照して詳しく説明する。

【0065】(1) 図2に示す元ウエハは、n-InPの半導体基板1上に、MOVPE法によって次の各層構造を成長する。

【0066】① 第1のクラッド層2は、n-InP層で厚さ1.5μm。

【0067】② 活性層3は、MQW層(InGaAsP層1.31μm組成/InGaAsP層1.08μm組成20対)で厚さ0.15μm、またはバルク(InGaAsP層1.31μm組成)厚さ0.15μm。

【0068】③ 第2のクラッド層4は、p-InP層で厚さ2.3μm。

【0069】④ コンタクト層5は、p-InGaAs層で厚さ0.6μm。

【0070】(2) リッジ形成をする。

【0071】① 溝6を形成するために、溝6を形成する部分を除いてレジストをパターニングする。電流注入領域11の長さは400~700μm、遷移領域12および非注入領域13の長さはそれぞれ200μm程度とする。

【0072】② このレジストをマスクしてコンタクト層5を化学エッチング(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>:H<sub>2</sub>O=1:1:40)でエッチングした後レジストを除去する。

【0073】③ コンタクト層5をマスクにして、第2のクラッド層4を化学エッチング(HCL:H<sub>2</sub>O=1.5:1)で活性層3の上0.3μmまでエッチングする。

【0074】(3) コンタクト層5のエッチング。

【0075】レジストをマスクとして、図1の点線で区画された右側の部分のコンタクト層5をドライエッチングでエッチングする。

【0076】(4) 酸化膜の形成と窓開け。

【0077】以上の成長面に、CVD法により、SiO<sub>2</sub>(誘電体層7)を厚さ0.4μmに成膜した後、図1のリッジ部分14およびコンタクト層の突部18上のSiO<sub>2</sub>をドライエッチングにより窓開けする。

【0078】(5) 第1の電極15の蒸着。

【0079】成長面に電子ビーム蒸着によりTi/Pt/Auをそれぞれ0.02/0.05/0.2μmの厚さに蒸着する。

【0080】(6) 研磨。

【0081】半導体基板1の下側を機械研磨により、層厚120μmまで研磨する。その後化学エッチング(HCL:H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>=1:1)で厚さ100μmまで研磨する。

【0082】(7) 第2の電極16の蒸着。

【0083】研磨後、半導体基板1の下側に電子ビーム蒸着によりTi/Pt/Auをそれぞれ0.02/0.05/0.2 $\mu$ mの厚さに蒸着する。

【0084】(8) アロイ。

【0085】410℃で60秒の条件で、蒸着した金属をアロイする。

【0086】(9) ヘきかい。

【0087】ARコーティング17をする面をバー状にヘきかいする。

【0088】(10) ヘきかい面に反射率0.2%のSiOを蒸着しARコーティングする。

【0089】(11) チッピングバーを各素子に切り離す。

【0090】以上の工程により、本発明の第1の実施例のリッジ導波路形SLDを製造することができる。

【0091】なお、第2の実施例乃至第5の実施例は遷移領域12における溝やコンタクト層などの形状が相違するだけで、同じような工程で製造することができる。

【0092】次に、本発明の第6の実施例の埋め込み導波路形SLDを製造方法を含めて図7を参照して詳しく説明する。

【0093】(1) 図2に示す元ウエハを使用する。但し、コンタクト層5の層厚は0.3 $\mu$ mとする。

【0094】(2) メサエッチング

① 化学エッチング(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>:H<sub>2</sub>O=3:1:1)でコンタクト層5を除去する。

【0095】② 図7(a)の導波路が形成される1点鎖線で囲まれた部分の上側に、SiN<sub>x</sub>膜を0.08 $\mu$ mの厚さに成膜する。

【0096】このSiN<sub>x</sub>膜をマスクにして化学エッチング(ブロムメタノールおよび塩酸系)で、図7(c)の第1および第2の電流狭窄層23、24に相当する部分をエッチングして活性層3の幅2 $\mu$ mのメサを形成する。このメサの部分が導波路を構成する。

【0097】(3) BH成長(Buried Hetero structure)エッチングで除去した部分に第1および第2の電流狭窄層23、24の埋め込み層を再成長する。

【0098】(4) コンタクト層5の成長  
SiN<sub>x</sub>膜を除去した後、成長面にp-InGaAs(pドープ量 $1 \times 10^{19}$  cm<sup>-3</sup>)のコンタクト層5を0.3 $\mu$ mの厚さに成長する。

【0099】(5) 第1の電極15の蒸着

① レジストをマスクとしてコンタクト層5の一部をドライエッチングで除去する。除去する部分は、図7

(a)の遷移領域12の点線で囲まれた外側および非注入領域13である。

【0100】② コンタクト層5上の図7(a)の点線で区分された左側部分に、リフトオフ法を用いて第1の

電極15としてTi/Pt/Auをそれぞれ厚さ0.02/0.05/0.2 $\mu$ mに蒸着する。

【0101】(6) 反射角変換用溝25の形成。(図9の第8の実施例においては不要)

SiN<sub>x</sub>膜をマスクとして化学エッチング(ブロムメタノール)で深さ10 $\mu$ mの溝25を形成する。溝25の上面における傾き角は60°とする。溝25を形成後SiN<sub>x</sub>膜を除去する。

【0102】(7) 研磨

10 半導体基板1の下側を機械研磨により、層厚120 $\mu$ mまで研磨する。その後化学エッチング(HCl:H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>=1:1)で厚さ100 $\mu$ mまで研磨する。

【0103】(8) 第2の電極16の蒸着

研磨後、半導体基板1の下側に電子ビーム蒸着によりTi/Pt/Auをそれぞれ0.02/0.05/0.2 $\mu$ mの厚さに蒸着する。

【0104】(9) アロイ

410℃で60秒の条件で、蒸着した金属をアロイする。

【0105】(10) ヘきかい

ARコーティング17をする面をバー状にヘきかいする。

【0106】(11) ヘきかい面に反射率0.2%のSiOを蒸着しARコーティングする。

【0107】(12) チッピング

バーを各素子に切り離す。

【0108】以上の工程により、本発明の第6の実施例の埋め込み導波路形SLDを製造することができる。

【0109】なお、第7の実施例乃至第9の実施例は遷移領域12および非注入領域13における埋め込み層などの形状が相違するだけで、同じような工程で製造することができる。

【0110】本発明の実施例のSLDの用途の一例を説明する。

【0111】まず、波長分割多重通信のキャリアとして用いる場合には、本発明のSLDの波長スペクトルが、1.53 $\mu$ mから1.56 $\mu$ mをカバーし、その間の強度リップルは2.5%と小さいので、その中から必要とする波長の光をフィルタで抽出して波長によるリップルが少ないキャリアとして利用することができる。

【0112】また、光スペクトラムアナライザの基準波長光として用いる場合には、本発明のSLDの出力をC<sub>2</sub>H<sub>2</sub>(アセチレン)ガスを通して、1.555 $\mu$ mの光吸収スペクトルを作り、光スペクトラムアナライザの図面上に表示することにより、波長軸(横軸)の1.555 $\mu$ m点を校正することができる。

【0113】

【発明の効果】本発明にかかるスーパーミネッセントダイオードは、半導体基板1と、前記半導体基板上に形成された第1のクラッド層2と、前記第1のクラッド層

上に形成され一端を光の出射端とする活性層 3 と、前記活性層上に形成された第 2 のクラッド層 4 と、前記第 2 のクラッド層上に形成されたコンタクト層 5 と、前記コンタクト層上に前記出射端側から他端側へ向けてストライプ状に延び前記活性層に電流を注入するための電流注入部 1 4 と、前記電流注入部の先端で区画される電流注入領域 1 1 とを備えたスーパーluminescentダイオードにおいて、前記電流注入部の先端から前記他端側へ向けてストライプの幅が徐々に狭くなる電流注入端部 1 8 を設け、もって、前記電流注入領域と、電流を注入しない非注入領域 1 3 との間に、前記電流注入領域から非注入領域に向って、注入する電流が徐々に減少する遷移領域 1 2 を形成したので、電流注入領域 1 1 の電流注入部 1 4 の端部において、等価屈折率の急激な変化を防止して、発光スペクトルに強度変調のないスーパーluminescentダイオードを提供することができる。

【0114】また、本発明の請求項 2 にかかるスーパーluminescentダイオードは、半導体基板 1 と、前記半導体基板上に形成された第 1 のクラッド層 2 と、前記第 1 のクラッド層上に形成され一端を光の出射端とする活性層 3 と、前記活性層上に形成された第 2 のクラッド層 4 と、前記第 2 のクラッド層上に形成されたコンタクト層 5 と、前記コンタクト層上に前記出射端側から他端側へ向けてストライプ状に延び前記活性層に電流を注入するための電流注入部 1 4 と、前記電流注入部の先端で区画される電流注入領域 1 1 と、前記電流注入部をストライプ状に形成するためにその両側に沿って設けられたリッジ形成用の溝 6、6 とを備えたスーパーluminescentダイオードにおいて、前記電流注入部の先端から前記他端側へ向けてストライプ状に延びる電流注入端部 2 2 と、前記電流注入端部の両側に沿って設けられ前記電流注入部の先端から前記他端側へ向けてその幅が徐々に狭くなる溝端部 2 1 を設け、もって、前記電流注入領域と、電流を注入しない非注入領域 1 3 との間に、前記電流注入領域から非注入領域に向って等価屈折率が徐々に増加する遷移領域 1 2 を形成したものであり、さらに、本発明の請求項 3 にかかるスーパーluminescentダイオードは、前記電流注入部の先端から前記他端側へ向けてストライプ状に延びる電流注入端部 2 2 と、前記電流注入端部の両側に沿って設けられ前記電流注入部の先端から前記他端側へ向けてその深さが徐々に浅くなる溝端部 2 1-1 を設けており、本発明の請求項 4 にかかるスーパーluminescentダイオードは、前記電流注入部の先端から前記他端側へ向けてストライプ幅が徐々に狭くなる電流注入端部 1 8 と、前記電流注入端部の両側に沿って設けられ前記電流注入部の先端から前記他端側へ向けてその幅が徐々に狭くなる溝端部 2 1 とを設けており、本発明の請求項 5 にかかるスーパーluminescent

ダイオードは、前記電流注入部の先端から前記他端側へ向けてストライプ幅が徐々に狭くなる電流注入端部 1 8 と、前記電流注入端部の両側に沿って設けられ前記電流注入部の先端から前記他端側へ向けてその深さが徐々に浅くなる溝端部 2 1-1 とを設けているので、電流注入領域から非注入領域に向って等価屈折率が徐々に増加する遷移領域 1 2 を形成することにより、電流注入領域 1 1 への反射光の流入を少なくし、発光スペクトルの強度変調を減少させることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 の実施例の構成を示す図である。

【図 2】本発明の実施例に用いられる元ウエハの構成を示す図である。

【図 3】本発明の第 2 の実施例の構成を示す図である。

【図 4】本発明の第 3 の実施例の構成を示す図である。

【図 5】本発明の第 4 の実施例の構成を示す図である。

【図 6】本発明の第 5 の実施例の構成を示す図である。

【図 7】本発明の第 6 の実施例の構成を示す図である。

【図 8】本発明の第 7 の実施例の構成を示す図である。

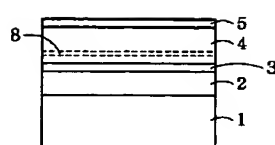
【図 9】本発明の第 8 の実施例の構成を示す図である。

【図 10】従来のスーパーluminescentダイオードの構成を示す図である。

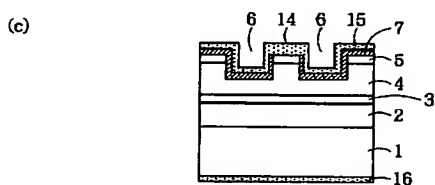
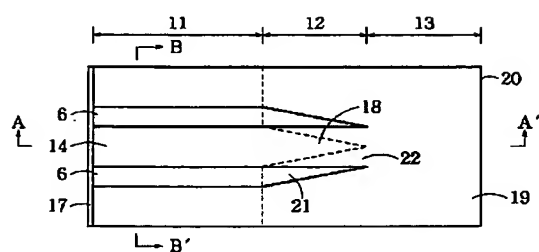
#### 【符号の説明】

- 1 半導体基板
- 2 第 1 のクラッド層
- 3 活性層
- 4 第 2 のクラッド層
- 5 コンタクト層
- 6 溝
- 7 誘電体層
- 8 エッチストップ層
- 11 電流注入領域
- 12 遷移領域
- 13 非注入領域
- 14 リッジ部分
- 15 第 1 の電極（電流注入部）
- 16 第 2 の電極
- 17 AR コーティング
- 18 コンタクト層の突部（電流注入端部）
- 19 コンタクト層のエッチング部
- 20 他端部
- 21 溝端部（溝の突部）
- 22 リッジ部分の突部
- 23 第 1 の電流狭窄層
- 24 第 2 の電流狭窄層
- 25 反射角変換用溝
- 26 第 1 の電極の突部

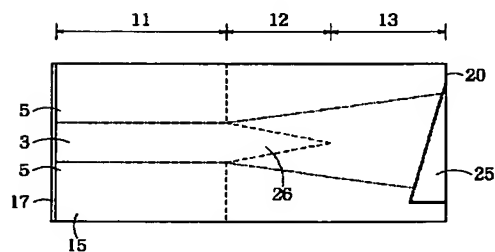
【图 2】



【図 5】

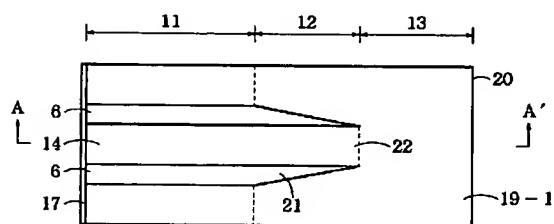


【图8】

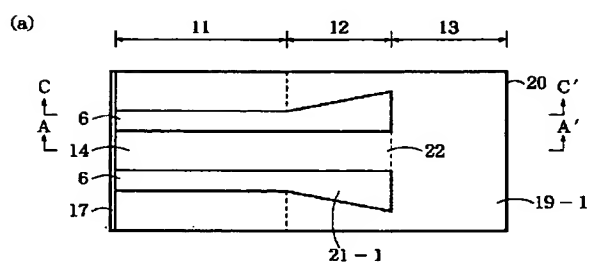


- |            |            |                 |
|------------|------------|-----------------|
| 1 半導体基板    | 8 エッチストップ層 | 16 第2の電極        |
| 2 第1のクラッド層 | 11 電流注入領域  | 17 AR コーティング    |
| 3 活性層      | 12 遷移領域    | 18 コンタクト層の突部    |
| 4 第2のクラッド層 | 13 非注入領域   | (電流注入端部)        |
| 5 コンタクト層   | 14 リッジ部分   | 19 コンタクト層エッチング部 |
| 6 溝        | (電流注入部)    | 20 他端部          |
| 7 誘電体層     | 15 第1の電極   |                 |

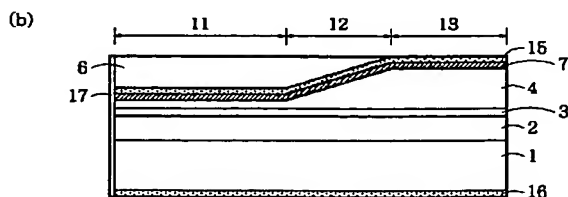
【図 3】



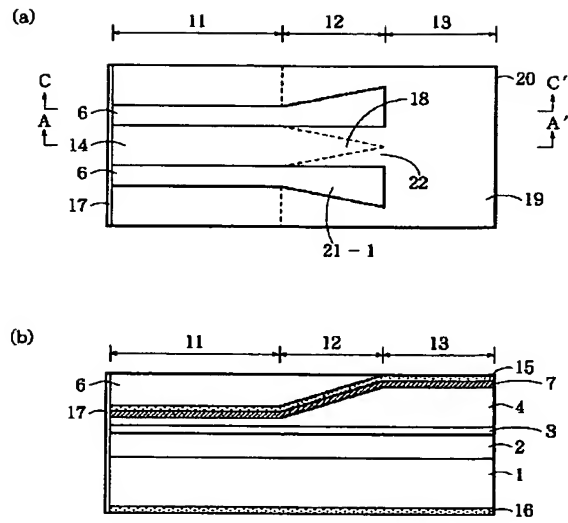
【図 4】



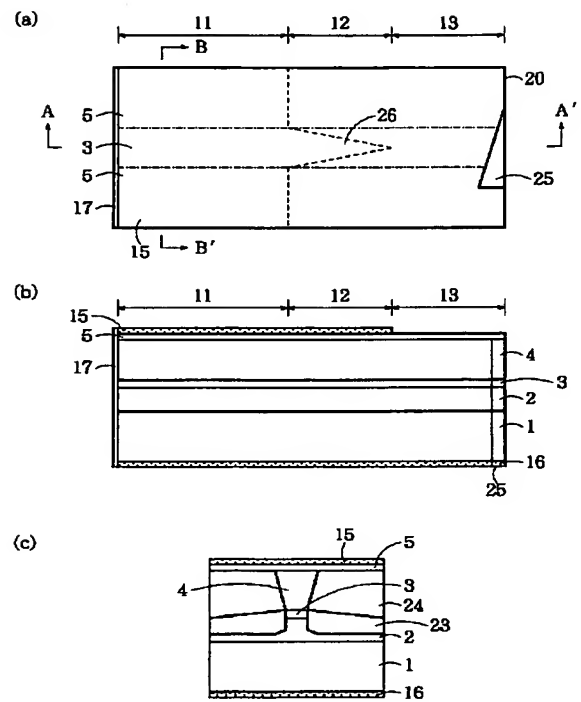
- 21 溝端部  
22 リッジ部分の突部



【図 6】

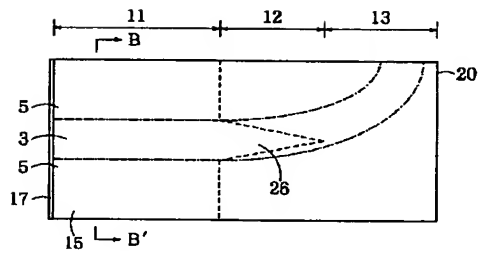


【図 7】

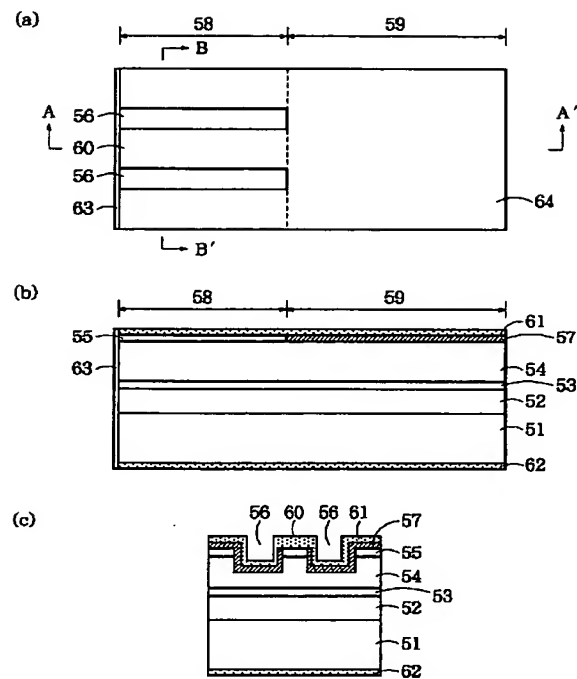


- 23 第1の電流狭窄層
- 24 第2の電流狭窄層
- 25 反射角変換用溝
- 26 第1の電極の突部

【図 9】



【図 10】



- |             |             |
|-------------|-------------|
| 51 半導体基板    | 58 電流注入領域   |
| 52 第1のクラッド層 | 59 非注入領域    |
| 53 活性層      | 60 リッジ部分    |
| 54 第2のクラッド層 | 61 第1の電極    |
| 55 コンタクト層   | 62 第2の電極    |
| 56 溝        | 63 ARコーティング |
| 57 誘電体膜     |             |